

136  
2223

# CURSO BÁSICO IRRIGAÇÃO

Período: 19 de outubro a 27 de novembro de 1987

## AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO José Maria Pinto



Avaliação de sistema de  
1987 FL - 02307



34375-1

1987

Petrolina, PE

## AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

### I- INTRODUÇÃO

A irrigação por aspersão constitui um dos métodos de maior expansão nestes últimos tempos. Isto devido à uniformidade de aplicação de água, a boa eficiência do sistema, o fácil controle do volume de água a ser aplicado em cada irrigação, a possibilidade de aplicação de fertilizantes diluídos na água, a facilidade de automatização, a possibilidade de eliminação dos perigos de erosão e a potencialidade de seu emprego nas mais diversas topografias e tipos de solo.

A uniformidade depende não só do tipo de modelo de distribuição de água empregado, mas também do espaçamento entre aspersores. Outros fatores, tais como velocidade e direção do vento, velocidade de rotação do aspersor, pressão de serviço, altura do tubo de elevação, diâmetro do bocal são importantes e também influem na uniformidade de distribuição de água pelos aspersores.

O planejamento racional de um sistema de aspersão requer, além de outras informações, o conhecimento da distribuição e quantidade de água aplicada, bem como a taxa de aplicação. O melhor processo para obter estes dados com exatidão é realizar um teste no campo com os aspersores sob condições que deverão prevalecer quando em operação. Esta avaliação do sistema não deve ser feita somente para fins de projeto, visando a obtenção de dados reais para os cálculos e uma verificação do desempenho do equipamento mas também em sistema já em operação, com fins de verificar sua condição e produzir subsídios para um melhor desenvolvimento na irrigação.

Para determinação da uniformidade de distribuição d'água de um sistema de irrigação por aspersão, instala-se um conjunto de pluviômetros ou latas de

um litro, abertas na parte superior eqüidistantes, em torno do aspersor a ser testado e liga-se o aspersor por um período de tempo nunca inferior a duas horas. Durante o teste, mede-se a pressão e a vazão no bocal do aspersor, a direção e a velocidade do vento e o volume ou lâmina de água coletada em cada pluviômetro no final do teste. Em qualquer método de irrigação utilizado deseja-se sempre obter o máximo de eficiência para obtenção de sensíveis aumentos na produtividade das culturas.

A uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão é um importante parâmetro a ser determinado para se obter melhor eficiência de aplicação. Sua determinação baseia-se nas medidas da água coletada numa série de recipientes de igual tamanho, secção e volume, que se acham distribuídos sobre uma superfície do solo ou sobre estacas para evitar a interferência da folhagem das culturas com a distribuição da água pelo aspersor. Estes podem encontrar-se igualmente espaçados ao redor de um único aspersor, numa área entre duas laterais.

Várias indústrias, experimentadores têm dado muita consideração ao efeito da superposição da lâmina de água a qual está diretamente ligada ao espaçamento e ao perfil de distribuição do aspersor, e baseado nela têm tentado obter um melhor modelo de distribuição da água.

Informações sobre a vazão do aspersor que é uma função do diâmetro do bocal e da pressão. Os aspersores devem funcionar dentro dos limites adequados de pressão, afim de assegurar em modelo ótimo de distribuição.

Muitos parâmetros usados nas avaliações da distribuição de água pelo aspersor são baseados em observações de precipitação dentro de um arranjo de modelos de superposição de valores de precipitação de vários aspersores. Este arranjo pode ser desenvolvido de várias maneiras. Uma delas é colocar os aspersores em determinado espaçamento a ser investigado. Neste caso, todos os

aspersores são operados durante o teste de modo que a água lançada por eles na área em estudo fosse incluída nos cálculos da distribuição. Com isso haveria superposição de vários jatos, dependendo do espaçamento usado. Outro método bastante usado é aquele que utiliza um único aspersor, com pluviômetro disposto ao redor para coletar a água precipitada. Posteriormente, faz-se a simulação dos diversos espaçamentos, originando superposições, e, por meio do coeficiente de uniformidade, verifica-se qual deles é o melhor. Este modelo tem como principal vantagem requerer menos tempo para a realização dos testes.

Fenômeno climático de consideração mais importante no aspersão é o vento, devendo-se ter, por um lado, uma idéia aproximadamente da sua velocidade, que desempenha um papel significativo na eficiência de aplicação e, por outro lado, sua direção, que deve ser levada em conta nas disposições das tubulações. Esclarecendo ainda que as altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar diminuem a eficiência do sistema aumentando as perdas por evaporação.

O coeficiente de uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão é afetado pelo espaçamento dos aspersores, relação entre pressão e diâmetro do bocal e condições de vento. Portanto, uma combinação ideal entre estes fatores resultará na distribuição correta da água na área.

## II- METODOLOGIA

O melhor processo para obter dados com exatidão é realizar em teste no campo com aspersores sob condições que deverão prevalecer quanto em operação. Esta avaliação do sistema não deve ser feita somente para fins de projeto visando a obtenção de dados reais para os cálculos, e uma verificação do desempenho do equipamento, mas também em sistemas já em operação, com fins de verificar sua condição e produzir subsídios para um melhor desenvolvimento na irrigação.



2- Fórmula de ZUCCHINI:

$$Cu = m \sqrt{\frac{n - 1}{\sum x^2}}$$

Cu= coeficiente de uniformidade;

x= desvio da média de cada observação;

m= média aritmética das alturas pluviométricas registrada;

n= número de observações.

3- BENAMI e HORE: propuseram uma nova equação para avaliar a uniformidade de distribuição que denominaram "novo coeficiente".

$$NCu = C_1 / C_2$$

$$C_1 = Mb - \sum |Xb| / Na$$

$$C_2 = Ma + \sum |Xa| / Na$$

NCu= novo coeficiente;

Ma= média do grupo de leituras acima da média geral;

Mb= média do grupo de leituras abaixo da média geral;

Na e Nb= número de leituras acima e abaixo da média geral, respectivamente;

|Xa|= desvio absoluto de Ma do grupo de leitura individual acima da média geral;

|Xb|= desvio absoluto de Mb do grupo de leitura individual abaixo da média geral.

### 1- Recomendação para a Realização do Teste:

A AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE), através de seu Comitê de Irrigação por Aspersão, apresentou uma série de recomendações para uma realização correta do teste com o aspersor:

- localização: os aspersores devem ser localizados numa área com solo nu ou seja, vegetação tenha uma altura menor que 8 cm. A declividade máxima é de 1% para aspersores com vazão menor que 2,2 l/s e 2% para outros aspersores;

- coletores: os coletores da precipitação devem ser todos do mesmo tamanho, colocados em posição vertical para receber a precipitação e dentro de um plano horizontal, espaçados uniformemente formando um quadriculado em volta do aspersor;

- medições: deve-se medir a pressão do aspersor com um tubo de pitot colocado no bico principal. Esta pressão não deve variar mais que 3% durante a realização do teste;

- duração: mínima duas horas ou metade do tempo de funcionamento do sistema de irrigação.

Deve-se medir a grandeza e direção do vento, bem como a taxa de evaporação durante o realizado do teste.

### AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Existem várias equações para calcular a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão; sendo a equação de Christiansen, proposta por J. E. Christiansen, a equação de uniformidade de aplicação recomendada pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos da América, e a equação de uniformidade proposta por Wilcox e Swailes, as três mais usadas.

4- Equação proposta por Wilcox e Swailes:

$$CuE = 100 \left[ 1.0 - \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1) \bar{X}^2}} \right]$$

$\bar{X}$  = média das precipitações;

$X_i$  = precipitação observada em cada pluviômetro.

5- Coefficiente de Uniformidade Christiansen:

$$Cu = 100 \left[ 1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right]$$

$X_i$  = precipitação observada em cada coletor;

$\bar{X}$  = média das precipitações;

$n$  = número de pluviômetro.

6- Uniformidade de Distribuição (Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos da América):

$$UD = 100 \frac{\bar{x}}{\bar{X}}$$

$\bar{x}$  = média de 25% do total de pluviômetro, com as menores precipitações;

$\bar{X}$  = média das precipitações, considerando todos os coletores.

7- Eficiência de Irrigação (Ei):

$$Ei = \frac{\bar{X}}{X_m}$$

$\bar{X}$  = lâmina média coletada;

$X_m$  = lâmina média aplicada.

$$X_m = (q \times t_i / Sl \times Sasp) \times 1000$$

$q$  = vazão do aspersor ( $m^3/h$ );

$t_i$  = tempo de irrigação (h);

$Sl$  = espaçamento entre laterais (m);

$Sasp$  = espaçamento entre aspersores (m).

COMPARAÇÃO ENTRE COEFICIENTES  
DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO

Cu (%)	UD (%)	Cu (%)	UD (%)
98	97	80	66
96	93	76	60
92	87	72	54
88	80	68	49
84	73	64	44



## PROCEDIMENTO NO CAMPO

O primeiro passo é a escolha de um local no campo para o teste ao longo da linha lateral de aspersores, no caso de avaliação de um sistema já existente, ou então a montagem de uma lateral com vários aspersores ou mesmo um único aspersor para o caso de se pretender testar o equipamento, visando ao conhecimento antecipado de seu desempenho no campo.

A figura 1 mostra a distribuição dos coletores e aspersor para o teste realizado com único aspersor e a figura 2 mostra várias disposições dos recipientes na área do teste realizado com uma linha de aspersor.

No caso do sistema permanente, os recipientes devem ser dispostos na área entre 4 aspersores, mas neste caso o resultado obtido não podem ser utilizados para outros espaçamentos. Para sistemas de aspersão em pomares em que não ocorre a sobre-posição dos jatos, utiliza-se uma disposição radial para os recipientes.

Uma avaliação mais rigorosa da uniformidade de distribuição da água pelo aspersor poderá ser obtida com a construção das isoietas (Método de Dam) que compreendem as linhas de igual valor dos volumes coletados no recipiente. Considera-se uma variação de 10% acima e 10% abaixo do valor da taxa média de aplicação delimita a zona de aplicação média, sendo que as outras zonas delimitadas serão denominadas zona excedente e zona deficiente, respectivamente.

Muitas vezes, na irrigação por aspersão, as seguintes modificações possibilitam o aumento de eficiência de irrigação do Projeto:

- uso de posição alteradas;
- alterar a pressão de serviço;
- alterar o diâmetro dos bocais;
- alterar o tempo de aplicação por aspersão;

x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

O — Aspersor

x — Pluviômetros

FIGURA 1. Disposição dos pluviômetros e aspersor.

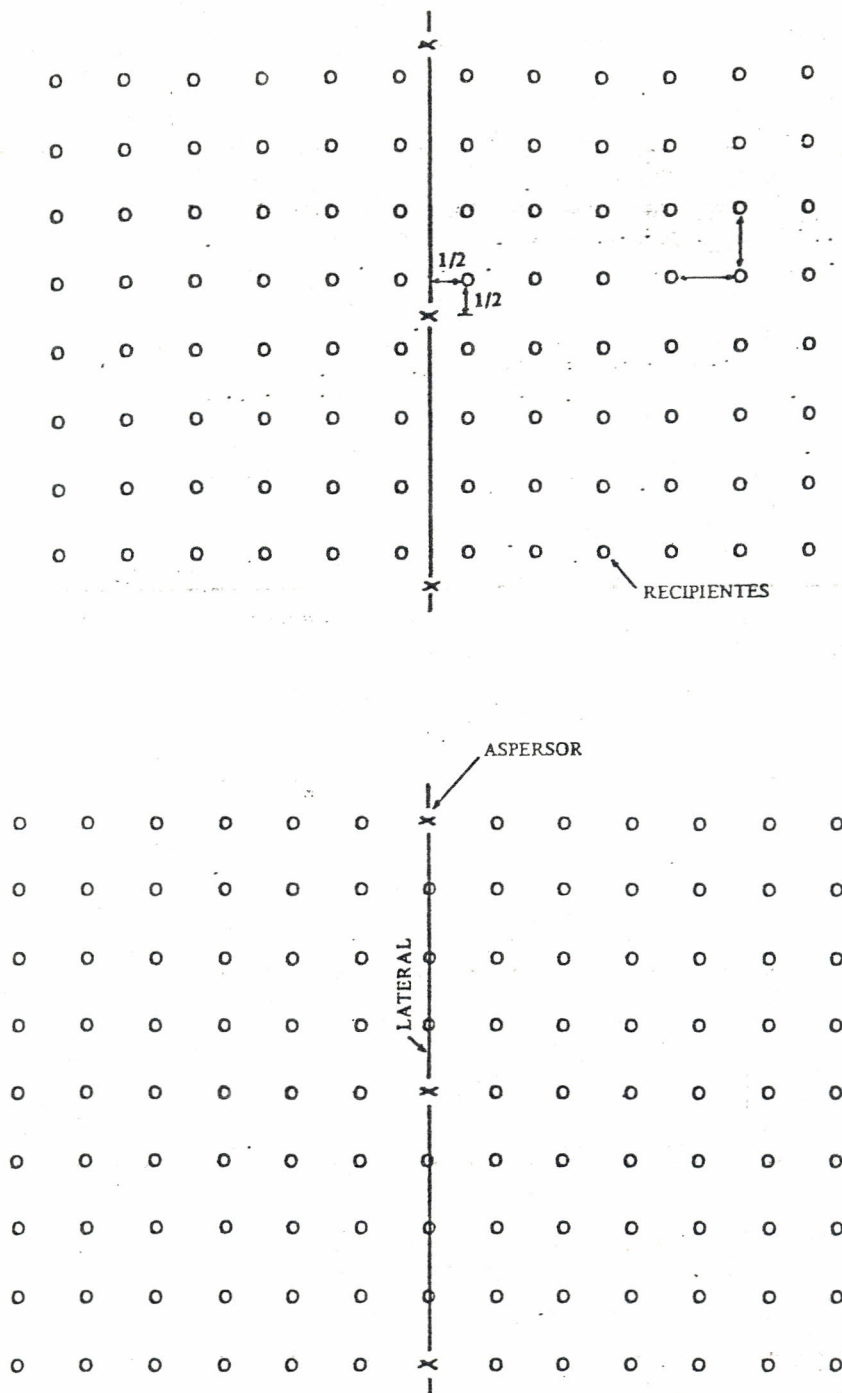


FIGURA 2. Disposição dos recipientes para realização do teste.

	Área	
	m <sup>2</sup>	%
zona média	62,40	43,33
zona excedente	47,60	33,05
zona deficiente	34,00	23,61

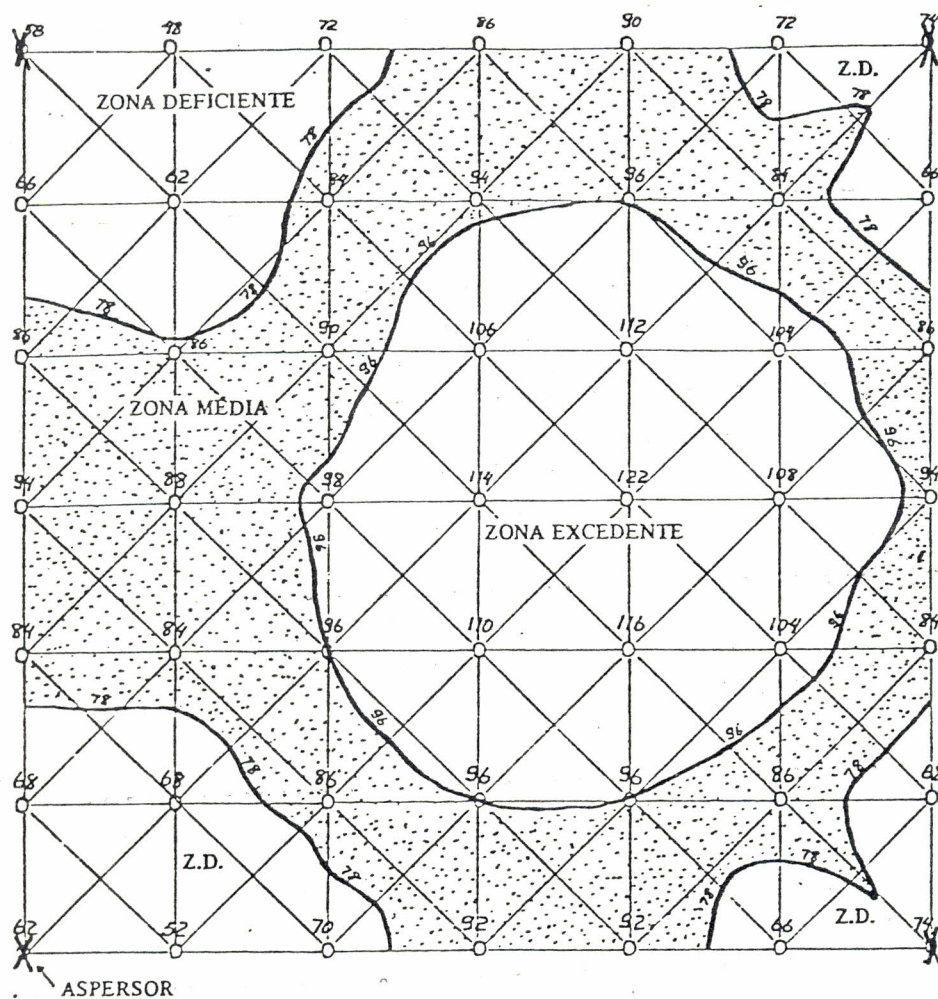


FIGURA 3. Isoietas da aplicação de água pelos aspersores.

- alterar o diâmetro das tubulações e
- implantação de quebra-vento.

Daremos dois exemplos para ilustrar a determinação da uniformidade de distribuição d'água na aspersão, sendo um com único aspersor, com os dados apresentados no Quadro 1.

QUADRO 2.

RESULTADO DA SUPERPOSIÇÃO  
PARA ASPERORES ESPAÇADOS DE 18 m x 18 m.

69	91	79	85	86	76
86	111	86	89	106	96
74	92	108	104	104	85
66	97	108	111	99	93
101	113	106	103	104	105
87	104	79	89	103	89

a) Determinar a uniformidade de aplicação do aspersor em teste para o espaçamento de 18 m x 18m.

No Quadro 2 apresentamos o resultado da superposição de precipitação para o espaçamento de 18 m x 18 m.

Aplicando estes dados à equação de Christiansen, teremos:

$$CuC = 100 \left( 1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) = 100 \left( 1 - \frac{384}{36 \times 94.1} \right) = 88,67\%.$$



## QUADRO 1.

## DADOS DE UM TESTE DE PRECIPITAÇÃO

DE ASPERSOR, EM  $\text{cm}^3$ , COM PLUVIÔMETROS ESPAÇADOS DE 3 m.-

Teste n.º 12

Data — 8/3/80

Início — 8 h

Término — 10 h

Duração — 120 minutos

Aspersor — Modelo PX

Altura do tubo de elevação — 1,50 m

Pressão de serviço — 3,0 atm.

Vazão do aspersor — 1,2 l/s

Velocidade de rotação — 1,5 rpm

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	14	21	26	21	27	14	4	0	0	0	0
0	0	0	21	29	27	33	21	27	27	17	5	0	0	0
0	0	15	29	33	49	61	33	49	30	26	15	0	0	0
0	1	28	30	48	60	75	74	57	45	27	23	4	0	0
0	4	30	31	55	71	66	68	64	48	31	24	7	0	0
0	6	31	30	54	62	65	63	60	49	31	24	11	0	0
0	2	27	28	47	55	62	63	57	44	24	30	8	0	0
0	0	21	28	32	46	52	53	44	32	26	26	0	0	0
0	0	5	23	26	28	32	33	28	26	26	7	0	0	0
0	0	0	8	22	21	26	26	28	23	6	0	0	0	0
0	0	0	0	3	8	16	15	12	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

■ — aspersor

Aplicando-os na equação suprida pela Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos da América, teremos:

$$CuA = 100 (\bar{x}/\bar{X}) = 100 (77.7/94.1) = 82,6\%.$$

Outro com aspersores em linha lateral.

ASPERSOR:                      MODELO:                      DIÂMETRO: 3,8 m x 3,8 m  
 PRESSÃO: 2,5 atm                      VAZÃO:                      ROTAÇÃO:  
 VELOCIDADE DO VENTO: 0,5 m/s  
 DURAÇÃO: 60 mm                      ÁREA DO COLETOR: 78,54.

$\frac{3}{0,38}$	$\frac{28}{3,56}$	$\frac{52}{6,62}$	$\frac{60}{7,64}$		$\frac{54}{6,87}$	$\frac{56}{7,13}$	$\frac{39}{4,96}$	$\frac{26}{3,31}$	$\frac{8}{1,02}$ ← ml
$\frac{4}{0,51}$	$\frac{30}{3,82}$	$\frac{60}{7,64}$	$\frac{80}{10,18}$		$\frac{78}{9,93}$	$\frac{66}{8,40}$	$\frac{54}{6,87}$	$\frac{24}{3,05}$	$\frac{6}{0,76}$ ← mm/h
$\frac{2}{0,25}$	$\frac{26}{3,31}$	$\frac{57}{7,26}$	$\frac{82}{10,44}$		$\frac{80}{10,18}$	$\frac{72}{9,17}$	$\frac{52}{6,62}$	$\frac{22}{2,80}$	$\frac{2}{0,25}$
$\frac{2}{0,25}$	$\frac{22}{2,80}$	$\frac{50}{6,37}$	$\frac{62}{7,89}$		$\frac{60}{7,64}$	$\frac{58}{7,38}$	$\frac{41}{5,22}$	$\frac{24}{3,05}$	$\frac{4}{0,51}$

0,38	3,56	6,62	7,64
6,87	7,13	4,96	3,31
<u>1,02</u>	<u>10,69</u>	<u>11,58</u>	<u>10,95</u>
8,27	(0,81)	(0,08)	(0,55)
(3,23)			

0,51	3,82	7,64	10,18
9,93	8,40	6,87	3,05
<u>0,76</u>	<u>12,22</u>	<u>14,51</u>	<u>13,23</u>
11,20	(0,72)	(3,01)	(1,73)
(0,30)			

0,25	3,31	7,26	10,44
10,18	9,17	6,62	2,80
<u>0,25</u>	<u>12,48</u>	<u>13,88</u>	<u>13,24</u>
10,68	(0,98)	(2,38)	(1,74)
(0,82)			

0,25	2,80	6,37	7,89
7,64	7,38	5,22	3,05
<u>0,51</u>	<u>10,18</u>	<u>11,59</u>	<u>10,94</u>
8,40	(1,32)	(0,09)	(0,56)
(3,10)			

Asp.2

Asp.2

### RESULTADO DA SOBREPOSIÇÃO PARA O ESPAÇAMENTO 12 m x 12 m.-

- Cálculo da UD (CuA): considerando que existem 16 pontos dentro do espaçamento, 1/4 de 16 seria somente 4 e os quatro menores valores são:

8,27; 8,40; 10,18; 10,68.

Taxa mínima coletada:  $(8,27 + 8,40 + 10,18 + 10,68)/4 = 9,38 \text{ mm/h};$

Taxa média coletada:  $(8,27 + 10,69 + \dots + 10,14)/16 = 11,50 \text{ mm/h}.$

$$UD = (9,38/11,50) \times 100 = 81,6\%.$$

- Cálculo de CuC: o último valor de cada ponto do quadro representa o desvio da média coletada considerada de valor 11,50 mm/h. Os valores são calculados em valor absoluto:

$$\text{Desvio médio: } d/n = (3,23 + 0,81 + \dots + 0,56)/16 = 21,42/16 = 1,34.$$

$$CuC = (1 - 21,42/16 \times 11,50) \cdot 100 = 88,2\%.$$

- Cálculo da Eficiência de Irrigação: a vazão média obtida foi de 1,75 m<sup>3</sup>/h dentro do espaçamento 12 m x 12 m, a taxa média de aplicação foi:

$$\text{Taxa média aplicada: } (1.000 \times 1,75)/(12 \times 12) = 12,15 \text{ mm/h};$$

$$Ei = (11,50/12,15) \times 100 = 94\%.$$

# Condutores Forçados

26/10/87

Tipos de tubo: Aço zincado

PVC e Polietileno

O canal de PVC suporta baixas pressões.  
2 atm.

Para fazer uma linha longa deste material deve-se de cinco em cinco metros colocar anel de borracha <sup>ou vedação elastica circular</sup> na conexão para evitar problema de dilatação e contração por aquecimento do solo. Deve ficar enterrado devido a proliferação de algas.

O canal de PVC azul suporta altas e médias pressões de 10 e 6 atm respectivamente. A coloração azul evita a proliferação de algas.

Engate:

Vedação

Bomba adutora → bomba que sai com grande dificuldade e evita o uso de araldite com areia



### III- LITERATURA CITADA

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 463p.

FERREIRA, E. Relações entre métodos para determinação da uniformidade de distribuição em irrigação por aspersão. Porto Alegre, UFRGS. 103p. (Tese Mestrado).

GOMIDE, R.R. Determinação e análise de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão. Viçosa, Imprensa Universitária, 1978. 87p. (Tese Mestrado).

HART, W.E. Overhead Irrigation Pattern Parameters. Agricultural Engineering, 42(7):354-355, 1961.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J. & ALFORD, J. Irrigation system evaluation and improvements. Utah State University, Logan, Utah 1973.

OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo, Nobel, 1981. 267p.

LOPES, J. Riego por Aspersión. Centro de Treinamento em Irrigação. Petrolina, SUDENE, Convênio MINTER-IIICA, 1975.

RAPOSO, J.R. A rega por aspersão. Lisboa, Livraria Clássica, 1980. 339p.